

Estudio de la esfericidad y compacidad en fundición de hierro con grafito esferoidal mediante tomografía computarizada de rayos X

M.E. Peralta ⁽¹⁾, F. V. Diaz ⁽²⁾, D. O. Fernandino⁽³⁾

meperalta@inti.gob.ar

⁽¹⁾ Dto. de Validación de Equipos y Componentes DT Centro Litoral-SORCentro-GOAR-INTI

⁽²⁾ Dto. de Ingeniería Electromecánica, UTN-Facultad Regional Rafaela-CONICET.

⁽³⁾ División Metalurgia-INTEMA, Universidad Nacional de Mar del Plata-CONICET

Palabras Clave: Tomografía computada de rayos X; compacidad; esfericidad; Hierro de grafito esferoidal, fundición de hierro

INTRODUCCIÓN

El trabajo se centra en la relación entre los parámetros de esfericidad y compacidad obtenidos a partir del análisis exhaustivo sobre los nódulos de grafito de una muestra de hierro fundido de grafito esferoidal (SGI), con el fin de proponer una metodología que permita establecer diferentes categorías de calidad de nódulos. La metodología experimental consiste en la tomografía computarizada de rayos X en una muestra de prueba ad-hoc para generar imágenes de alta resolución y el procesamiento / postprocesamiento a través de varias rutinas de análisis de imágenes.

OBJETIVOS

En este trabajo se examina la relación entre la esfericidad y la definición de compacidad de los nódulos de grafito en un grado SGI totalmente ferrítico.

DESARROLLO

Material

Se utilizó un SGI completamente ferrítico consistente con un grado 60-40-18 para el estándar ASTM A395 (grado GGG40 para el estándar DIN 1693).

Método - Microtomografía

Una muestra SGI de 6,4 mm x 5,1 mm x 1,2 mm fue escaneada por un tomógrafo industrial de rayos X (CT) Phoenix v|tome|x s (General Electric). El voltaje de aceleración final y la corriente del filamento fueron 80 kV y 90 μ A, respectivamente

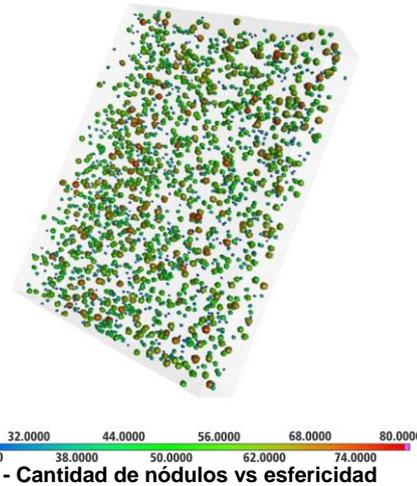


Figura 1- Cantidad de nódulos vs esfericidad

Caracterización de nódulos de grafito

En este trabajo, los nódulos de grafito se caracterizaron en términos de morfologías, tamaños y distribuciones espaciales.

Se cuantifica la esfericidad de los nódulos de grafito (S_G) como se presenta en la ecuación 1:

$$S_G = \pi^{0.33} (6V_r)^{0.67} / A_r.$$

Por otro lado, la compacidad se determina como se presenta en la ecuación 2:

$$C = V_r / V_s.$$

Donde $V_s = 4 \cdot \pi \cdot r^3 / 3$, r es el radio de la esfera circunscrita.

De acuerdo con estas definiciones, los valores de S_G y C resultante de un nódulo totalmente esférico son iguales a 1. En la figura 3 se muestran ejemplos de valores de S_G y C para diferentes morfologías de nódulos de grafito.

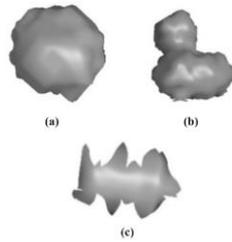


Figura 2- nódulos con diferentes valores de esfericidad y compacidad: a) $S_G=65\%$, $C=50\%$, b) $S_G=55\%$, $C=34\%$ y c) $S_G=50\%$, $C=20\%$

RESULTADOS

Distribuciones de esfericidad y compacidad

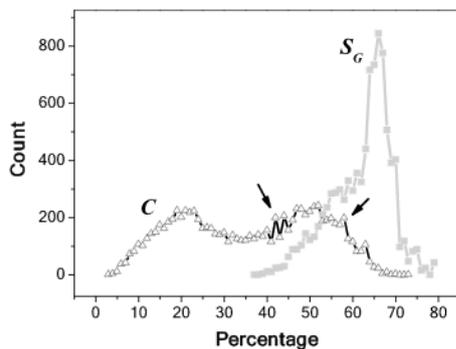


Figura 3-Distribución de Esfericidad (S_G) y Compacidad (C) de todos los nódulos de grafito en la región de interés analizada.

Distribuciones espaciales de las subpoblaciones de nódulos

A partir de los resultados de la Fig. 3, se seleccionaron tres subpoblaciones de nódulos (A_1 , A_2 y A_3).

Tabla 1- Parámetros utilizados para generar cada subpoblación

Subpoblación	Diámetro (μm)	Esfericidad	Compacidad	Cantidad de nódulos
A_1	25-400	0,5 – 1,0	0,50 – 1,00	2357
A_2	25-400	0,5 – 1,0	0,33 – 0,50	2748
A_3	25-400	0,5 – 1,0	0,00 – 0,33	3480

El vínculo entre esfericidad y compacidad

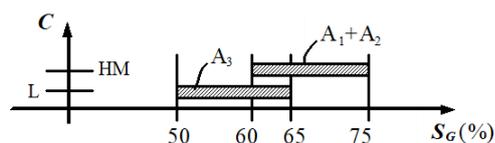


Figura 4 Relación entre S_G y C. Los niveles de C son alto y medio (HM), y bajo (L)

La relación entre los parámetros S_G y C se muestra en Figura 4. A partir de este esquema se puede establecer un valor umbral de S_G del

65%. Este valor estaría indicando el límite a partir del cual los nódulos de grafito tienen una calidad muy alta. En consecuencia, a partir de este valor de S_G se propone una subpoblación final que contiene únicamente nódulos cuyos valores de S_G y C son superiores al 65 y 50%, respectivamente.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

- A partir de un análisis exhaustivo de las distribuciones de esfericidad y compacidad, se proponen tres subpoblaciones de nódulos, relacionadas con categorías de alta, media y baja calidad.

- La compacidad se identifica como el mejor parámetro geométrico para clasificar adecuadamente la calidad de los nódulos de grafito, ya que, si bien las distribuciones de esfericidad asociadas con la compacidad alta y media son similares, las imágenes tomográficas muestran diferencias sustanciales en cuanto a la morfología de los nódulos.

- A partir de un análisis detallado de las distribuciones de esfericidad y compacidad de las subpoblaciones propuestas, se obtiene un valor umbral de esfericidad nodular. Este valor umbral permite clasificar la calidad más alta de los nódulos de grafito analizados.

- Estos resultados proporcionan nuevos conocimientos para comprender mejor la caracterización geométrica de los nódulos de grafito y su distribución en la fundición de grafito esferoidal mediante el uso de los parámetros de esfericidad y compacidad. La metodología propuesta se identifica como una poderosa herramienta para analizar, de forma no destructiva, no solo la calidad de piezas de fundición de grafito esferoidal de diferente tamaño y geometría, sino también de otros materiales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todas las personas que contribuyeron con el presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Journal of Nondestructive Evaluation (2021), Study of Sphericity and Compactness Parameters in Spheroidal Graphite Iron Using X-Ray Micro-computed Tomography and Image Processing.